

SE & SW Infra를 활용한 실용적인 SEMP 템플릿 개발에 관한 연구

A Study on the Development of Practical Systems Engineering Management Plan Template Using the Systems & Software Engineering Infra

변보석* · 최요철 · 박영택

Bo Suk Byun · Yo Chul Choi · Young Taek Park

Abstract This paper is a practical study on the development of SEMP template using SE & SW infrastructures. SEMP, which is a management system for systems engineers, has been developed for the LRT(Light Rail Transit) industry and has been tailored to suit domestic conditions. SE & SW infrastructures were developed to assist in creating an effective and efficient SEMP for the industry of this study. This paper proposes a method to reduce costs, manpower, and time for the LRT industry using SEMP based on SE & SW infrastructures.

Keywords : Systems Engineering, Systems Engineering Management Plan(SEMP), SE & SW Infra, LRT(Light Rail Transit)

초 록 본 논문은 SE & SW Infra를 활용한 실용적인 시스템엔지니어링관리계획서(SEMP) 템플릿 개발에 관한 연구이다. SEMP는 시스템엔지니어링 업무활동 관리를 위한 최상위 수준의 계획서로서 경량전철 사업 수행 시 국내 실정에 맞도록 개발 하였다. 경량전철사업 수행 시 생성 되는 SEMP를 효과적이고 효율적으로 관리 및 개발하기 위하여 SE & SW 연계 Infra를 구축하였다. 본 논문을 통해서 전산기반의 SE & SW Infra 도구간 통합하는 것을 사례로 제시함으로써 향후 인력, 비용, 일정을 줄일 수 있을 것이다.

주요어 : 시스템엔지니어링, 시스템엔지니어링관리계획서, SE와 SW 도구 연동, 경량전철

1. 서 론

오늘 날 시스템 개발환경은 여러 분야 기술이 통합된 매우 복잡한 복합시스템으로 개발 기간이 매우 길고 엄청난 비용이 투자되는 대형 프로젝트 형태를 띠고 있으므로, 시스템 개발에 따른 위험이 매우 높아졌다. 또한 기술의 변화가 매우 빠르며 정보통신 기술의 발전으로 변화된 기술은 쉽게 전파되어 시장에서의 경쟁은 더욱 더 심화되었다. 이러한 개발 환경의 변화는 다분야 또는 분야간의 효과적 융합, 통합적인 사고와 시스템 생명주기를 고려한 균형 잡힌 제품개발을 요구하는 시스템엔지니어링(SE) 프로세스의 적용에 의한 체계적인 관리절차 없이는 성공적인 시스템 개발이 어렵게 되었다. 특히 철도 분야에서의 임베디드 시스템은 점점 복잡하고, 소스 코드의 양이 급속하게 방대해졌다. 이에 따라 시스템 개발 전반에 걸친 체계적인 관리가 요구되고 있고, SE의 필요성이 부각되었다.

국제시스템엔지니어링협회(International Council on Systems Engineering) 자료에 의하면 최근 들어 점점 복잡해지는 모

든 시스템을 개발하는데 필요한 설계 및 관리가 체계적이지 못한 방법으로 시스템 설계를 진행함으로써 개발 후반에 설계 상충으로 인한 추가 비용, 개발기간 지연 및 재 작업 등이 초래되어 부정확한 설계나 시장 수요의 불만족이 발생한다고 한다. 이러한 일반적인 설계 문제점들을 해결하여 비용절감과 일정 단축으로 효율성, 제품 품질과 무결점을 증대하는 것이 필요하다[1]. 동시공학이 포함된 시스템 엔지니어링을 적용할 경우, 즉 설계, 생산, 투입, 보급 및 특수분야 기술자들을 동시에 참여시킬 경우, 개발 초기 설계단계에 노력이 집중되지만, 개발 후기에 전반적인 노력, 비용 및 기술적 변경을 줄일 수 있다고 조사되었다. 여기서 기대할 수 있는 구체적인 이득으로는 제품 개발기간을 60% 단축, 설계변경 요청 건수를 50% 감축, 재설계와 재작업 업무량을 75% 절감, 제조 비용을 40% 절감하는 이득을 가져다 준다고 한다[2].

특히 시스템 획득관리가 강화되고, 철도 예산의 철저한 검증 및 경쟁의 심화 등으로 인해 철도 부문에서의 시스템 엔지니어링의 도입이 절실하게 되었다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 비용 절감, 일정단축 및 인력축소 등으로 효율을 증대시키고, 성능과 품질을 증대시키기 위해서 표준 시스템공학 프로세스 적용을 통한 SE & SW Infra(Systems & Software Engineering Infra) 구축을 하였다.

*Corresponding author.

Tel.: +82-10-5675-0227, E-mail : bsbyun@lisis.biz

©The Korean Society for Railway 2012

http://dx.doi.org/10.7782/JKSR.2012.15.5.442

2. 표준 시스템엔지니어링 프로세스를 통한 SE & SW Infra 구축

2.1 표준 시스템엔지니어링 프로세스 정의

본 연구에 적용하는 프로세스는 미국방 시스템공학의 표준인 MIL-STD-499B 및 미국 민수분야 시스템공학 표준인 ANSI/EIA-632의 시스템설계프로세스를 기반으로 Fig. 1과 같이 구성하였다[3,4]. 이와 같이 시스템공학의 특징인 체계적 접근법을 통해 철도시스템에 요구를 충실히 분석하고, 효과적으로 만족하는 SE & SW Infra를 개발 할 수 있었다.

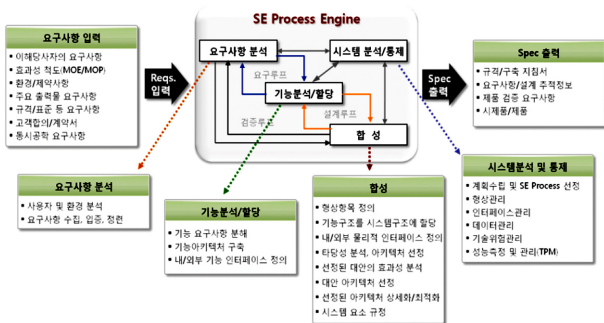


Fig. 1 Study applied process

2.2 SE & SW Infra 적용 Solution 및 통합

SE & SW Infra 솔루션은 IBM의 ALM(Application Lifecycle Management) 솔루션들로서, 요구사항 관리를 위한 DOORS, 시스템 모델링을 위한 System Architect, 소프트웨어 모델링 및 개발을 위한 Rhapsody, 그리고 형상 관리 솔루션인 Synergy와 변경관리 솔루션인 Change를 사용하고, 각 도구간의 연계를 하도록 하였다. 또한 제공하는 도구들과 이미 구축되어 운

용되고 있는 PLM 솔루션인 Siemens사의 TeamCenter와의 인터페이스, ERP 시스템과의 인사 정보 연동을 하도록 하며, 자동 문서 기능에 대한 솔루션을 수행하였다.

Fig. 2는 SE & SW Infra 시스템을 요구사항관리 도구인 DOORS를 중심으로 다양한 외부 시스템 및 도구와 연동하며, 그 하부에는 형상관리 도구인 Synergy와 변경관리 도구인 Change를 기반으로 형성하게 된다. 또한 대부분의 개발 프로젝트에 공통적으로 사용될 수 있는 주요 개발 도구도 함께 구축된다. 구축 후 문서를 정의 한 후 DOORS 템플릿 (SEMP, OCD, SSS,SSDD 등)을 개발하여 DOORS에 요구사항을 정의하며, 시스템 모델링 및 소프트웨어 모델링과의 연동 및 추적성을 통하여 문서의 진화 및 문서 자동 출력을 가능하게 했다.

3. 경량전철 SEMP작성 표준 템플릿 개발

3.1 SEMP 개요

DOORS 템플릿을 개발하기 위한 작성 표준 내용으로 경량전철 SEMP(Systems Engineering Management Plan)를 선정하였다. 왜냐하면 국내에서 진행되고 있는 경량전철사업의 시스템엔지니어링 분야가 해외기업이 주도적으로 수행하고 있는 현실에서 점차 벗어나 국내 기업이 주도적으로 수행할 수 있는 환경을 마련하고자 하는 의도였으며, SEMP는 실제 경량전철 사업에 있어 총체적인 수행 계획서이기 때문이다. 시스템엔지니어링 관리계획서는 시스템엔지니어링 업무활동 관리를 위한 최상위 수준의 계획으로 프로그램 또는 프로젝트를 조직화하고, 체계화하며, 이를 수행해 나가는 방법과 고객 요구사항을 만족하는 제품을 제공하기 위하여 프로그램 또는 프로젝트를 통제하는 전체적인 엔지니어링 프로세스 방법을 정의한 문서이다[5]. SEMP는 포괄적이며, 전체 통합 엔지니어링 노력을 어떻게 관리하고 수행해

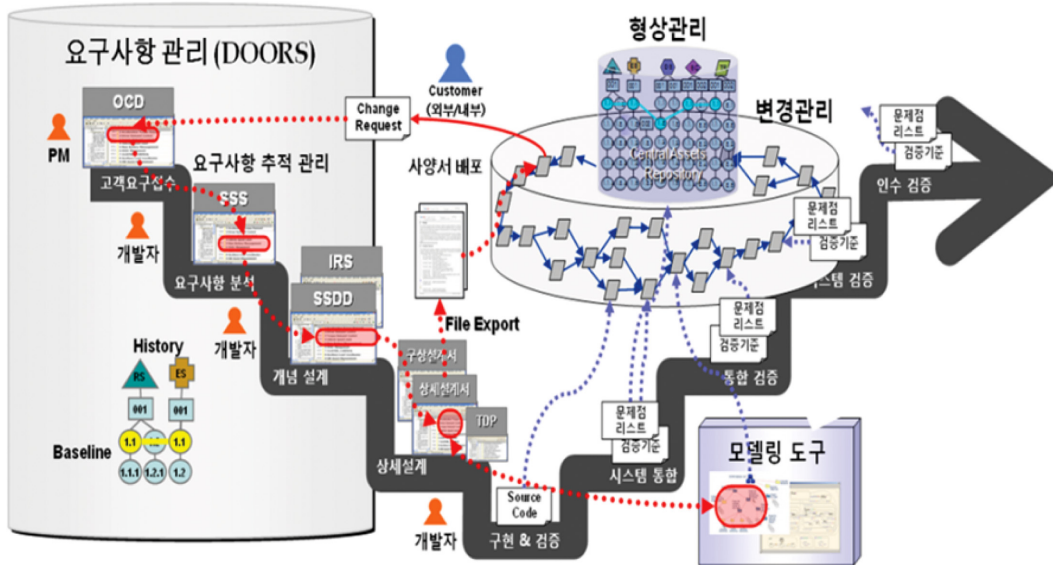


Fig. 2 Integration between SE & SW infrastructure tools

야 할 것인지에 대해 명확하게 서술해야 하며, 프로젝트 계획에서 확립된 제약사항 내에서 프로젝트를 어떻게 기술적으로 관리할 것인가에 대해 모든 이해관계자에게 정의를 내리는데 사용 되어진다. 본 논문에서는 시스템엔지니어링관리계획서를 개발하기 위해 각종 SE표준 및 가이드북을 참고하였으며, 실제 경량전철 및 기타 철도사업에서 작성된 SEMP를 분석하여 목차 및 내용을 제시하였다[6]. 사업 수행 초기단계에서 발주자는 시스템엔지니어링계획서(SEP : Systems Engineering Plan)를 시스템 공급자에게 제공하고, 시스템 공급자는 SEP를 충족시키는 SEMP를 제출하게 되며, 이에 따라 하위 시스템 공급자 또한 시스템 공급자의 SEMP를 만족시키는 SEMP를 제출하게 된다.

3.2 국제 SE표준 기반의 SEMP 항목 및 내용 정의

SEMP에 대해 처음으로 소개한 DI-MGMT-81024에 따르면 SEMP는 완전히 통합된 엔지니어링 노력을 계획하고 통제하기 위해 계약자의 제안된 노력을 기술한 것이라고 설명하였다[7]. 이 문서를 간략히 살펴보면 SEMP를 크게 3부분으로 나누었다. Part I에서 시스템엔지니어링에 대해 기술하였으며, Part II에서 기술적 프로그램 계획 및 통제에 대해 기술하였다. 그리고 Part III에서 엔지니어링 통합에 대해 기술하였다. 각 Part에 대한 설명과 수행되어야만 하는 활동과 산출물에 대해 정의를 하였으나, 작성지침과 구체적인 사례에 대해서는 기술하지 않았다. 이는 MIL-STD-499A 등 다른 표준에서도 비슷한 형태로 나타났다. Table 1은 관련문헌 별 SEMP 특징을 분석한 결과이다. 이후에 분석결과를 토대로 경량전철사업에 적용할 SEMP 항목 도출에 활용하였다.

3.3 SEMP 작성 사례를 통한 SEMP 항목 정의

국제 시스템엔지니어링 표준 및 가이드북, 그리고 해외 주

요 기관의 SEMP 항목을 조사하고 이에 대한 특징을 분석한 후, 다음으로 부산·김해 경전철사업 등 국내의 경량전철사업 및 초고속 자기부상철도사업 수행 시 작성된 SEMP의 항목과 플로리다 주 교통시스템 구축 등 해외의 개별 프로젝트에서 작성된 SEMP 사례를 분석하였다. 국내의 경우 SEMP의 적용 대상 또는 수행 조직, 그리고 프로세스 적용 측면에서 일관성이 부족하나, 국외의 경우 사업에 대한 최상위 수준에서의 주요 기술 및 기술 관리 프로세스 활동과 중요문서, 그리고 부속문서 등을 자세히 제시하고 있다. 또한 국외의 경우 사업초기에 SEMP를 작성하여 사업을 수행하는 과정에서 지속적으로 활용되고 있다 할 수 있으나, 국내의 경우 SEMP의 도입 및 활용 사례가 미흡한 상황으로 인해 주도적인 활용보다는 사업의 하나의 산출물로 인식되는 경우가 많은 것으로 분석되었다. 결과적으로 국제 시스템공학 표준에서 제시하는 SEMP 양식, 특히 MIL-STD-499A를 기반으로 상위 목차를 형성하여 Table 2와 같이 경량전철사업에 적용 가능한 SEMP 항목을 제시하였다.

3.4 SEMP 작성 템플릿(가이드) 개발

SEMP는 시스템엔지니어링 활동을 위한 최상위 문서로서 매우 포괄적이면서도 전반적인 시스템엔지니어링 활동을 정의하는 문서이므로 일관성과 명확성이 유지되어야 한다. 이에 MIL-STD-499A 및 IEEE-1220에서 제시한 가이드를 참고로 작성되었으며, 현업의 특성을 반영하여 실용적인 SEMP 작성이 되도록 하였다. SEMP 작성 가이드 또한 전문가의 검토를 통해 완성되었으며, 이는 특히 경량전철사업을 수행하는 주관기관과 하위 참여기업 또는 하위 기관에서 분야별 SEMP 작성 시 활용될 것이다[8]. Fig. 3은 경량전철사업의 목적 및 규모, 그리고 수행조직에 맞게 조정(tailoring)하여 작성이 가능한 SEMP 템플릿(template)을 요구사항관리 도구인 DOORS에 구축하여 자동 문서 생성한 산출물을 보여준다.

Table 1 SEMP items and characteristics analysis[6]

관련문헌	특징
DI-MGMT-81024 (1990)	크게 시스템엔지니어링, 기술적 프로그램 계획 및 통제, 엔지니어링 통합 3개의 Part로 구분하고, 각 Part에 대한 세부항목 제시, Part 에 대한 세부항목 없음. 단지 SEMP의 정의, 포맷, 항목에 대해 기술
MIL-STD-499A (1974)	DI-MGMT-81024 참조하여 보다 세부적으로 작성되어 있으며, 비교적 문서의 포맷을 갖춤. 사용하지 않는 표준이나 Model Text가 존재함. 형식 준용에 적당한 표준. MIL-STD-499C 또한 목차 동일. 다른 표준들과는 다르게 IMP/IMS 관점에서 언급하고 있음
MIL-STD-499B (1994)	SEMP에 대한 항목이 MIL-STD-499A와 상이하나, 필수적인 기술적 프로그램 업무(tasks) 관점에서 유사하게 제시됨. 일반적인 계약상의 CDRL에서 요구하는 기술적 계획들을 중심으로 작성
DI-SESS-81785 (2009)	SEMP의 내용은 DI-MGMT-81024를 따라 제시하고 있으나, 형식은 프로그램 계약, 목적, 그리고 전체 기술적 및 관리 접근법을 포함하여 계약자에 의해 정의됨
IEEE 1220 (1997)	SEMP의 세부적인 목차와 항목을 체계적으로 작성하였으며, 이를 표준에서 권고하고 있음. 그러나 각 항목에 대한 작성지침이 간단하기 때문에 실제로 작성에 어려움이 있으며, Model Text가 존재하지 않음. 세부적인 지침은 INCOSE HANDBOOK을 활용.
ANSI/EIA-632 (1998)	실제적으로 EIA-632 표준에는 SEMP의 항목에 대해서는 기술하지 않고 있으며, SEMP에 대한 용어를 Engineering Plan으로 바꾸어 사용하고 있음. Engineering Plan의 세부적인 항목에 대해서는 언급하고 있지 않으나, 시스템을 엔지니어링 하는데 요구되는 프로세스를 수행하는 방법에 대해 기술하고 있음. EP에 대한 내용은 추후에 INCOSE HANDBOOK의 SEMP작성의 근간이 됨

Table 2 SEMP items applicable to Light Rail Transit

<p>목차</p> <p>1장 서론(Introduction)</p> <p>1절 개요(Overview)</p> <p>1. 목적 및 범위</p> <p>2. 문서구성</p> <p>3. 약어 및 용어 정의</p> <p>2절 적용 및 참조문서 (Applicable & Reference Documents)</p> <p>3절 사업개요 (Project Overview)</p> <p>1. 사업목적</p> <p>2. 주요사업내용</p> <p>3. 사업추진일정</p> <p>4. 경량전철 시스템엔지니어링 업무 정의</p>	<p>2장 시스템엔지니어링관리계획서 (Systems Engineering Management Plan)</p> <p>1절 SE 조직 및 책임(Organization Integration & Tech Authority)</p> <p>1. 조직(OBS)</p> <p>2. 업무분장 (Role & Responsibility)</p> <p>3. 조직별 업무할당도(Organization-Responsibility)</p> <p>4. 업무분해구조 (Work Breakdown Structure)</p> <p>5. 기술검토(Technical Review)</p> <p>2절 기술적 프로젝트 계획 및 통제 (Technical Project Planning and Control)</p>	<p>3절 시스템엔지니어링 프로세스 (Systems Engineering Process)</p> <p>4절 특수엔지니어링 통합 (Engineering Specialty Integration)</p> <p>3장 추가 시스템엔지니어링 활동 (Additional SE Activities)</p> <p>1절 장기 납기 소요 품목 (Long lead items)</p> <p>2절 공학도구 적용(Engineering Tools)</p> <p>3절 설계목표 원가 (Design to Cost)</p> <p>4절 가치공학 (Value Engineering)</p>	<p>5절 시스템 통합 계획 (Systems Integration Plan)</p> <p>6절 기타 계획 및 통제</p> <p>4장 문서관리(Document Management)</p> <p>1절 문서 검토 및 승인</p> <p>2절 승인대상 문서의 종류</p> <p>3절 Rev. 관리체계</p> <p>4절 문서 분류 체계 (사업 WBS 기반)</p> <p>5장 공지(Notes)</p> <p>1. SEMP 지원계획</p> <p>2. 조정 및 측정 지침</p> <p>부록(APPENDIX)</p> <p>1. 프로젝트 지원 프로세스 문서</p> <p>2. 기술 프로세스 문서</p> <p>3. 핵심기술관리프로세스 문서</p>
--	---	--	---

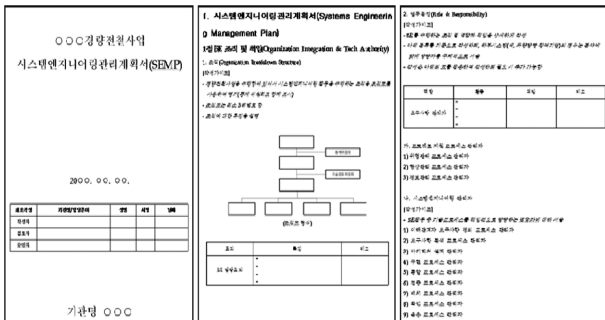


Fig. 3 SEMP template development cases in the Light Rail Transit project

3.5 DOORS를 통한 표준 템플릿 자동 출력 결과

프로젝트의 형태와 규모에 따라 문서가 작성되어야 하지만, 반드시 방대한 문서를 요구하지는 않는다. 그러나 매우 복잡하고 여러 분야의 기술이 필요로 하는 프로젝트의 경우 필요에 따라 수백에서 수천 장의 문서가 작성되기도 한다. 수작업이나 기존 문서작성 프로그램으로 많은 양의 데이터를 관리하고 문서화 하는 일은 쉬운 일이 아니며, 오랜 시간을 투자해야 할 것이다. 이런 문제점을 해결하기 위해 전산지원 도구는 반드시 필요하다. Fig. 4는 개발단계 문서(사양서)에 따라 SE & SW Infra 도구를 활용하여 MS-Word 및 한글(HWP)문서로 자동 출력되는 과정을 보여준다. 또한 요구사항 데이터의 추가, 삭제, 변경 등의 방대한 정보 유동에 능동적으로 대처하도록 데이터를 체계화 하였으며, 요구사항과 아키텍처와의 추적성이 확보되어 보다 쉽게 수정 및 변경할 수 있게 되었다. SE & SW Infra 도구를 활용하여 다양한 표준 형식의 문서 생성을 통해, 문서 작성 및 수정 시간이 최소화 될 수 있다.

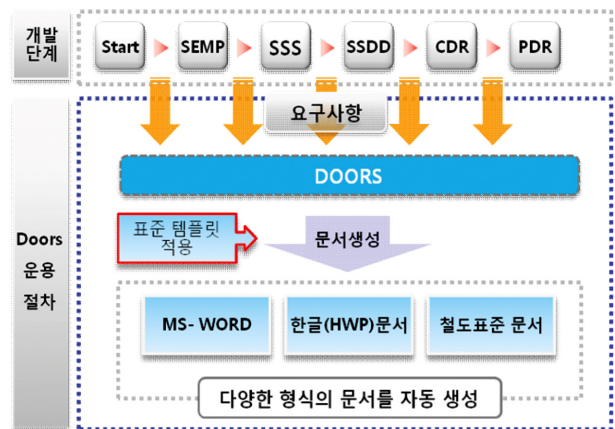


Fig. 4 Automatic document generation system

3.6 Systems Architect & Software Model간의 연동

SEMP에 따른 시스템 설계를 할 경우 System Architect(개념 아키텍처설계 도구)를 OV(Operational View), SV(System View) 및 TV(Technical Document View)로써 설계하고 이 설계를 기반으로 통합 아키텍처를 구축한다. 구축된 아키텍처는 Software Model에 반영이 가능하도록 연동하였으며, Software Model을 통해 System Architecture도 반영할 수 있도록 연동하였다. 이 때 사용한 Software Tool은 Rhapsody(상세 아키텍처설계 도구)로 모델에 따른 C, C++, JAVA 등을 Auto code generation 됨으로써 Software 설계에 대한 검증(Verification)이 가능하다. 또한 소스코드를 통한 Reverse Engineering을 통해 모델을 수정 및 변경하여 Reengineering 할 수 있다는 장점이 있다. 이때 설계된 System Architect 및 Software Model을 DOORS(요구사항관리 도구)에 연동하여 각 요구사항에 따른 모델을 사양서(Specification)에 넣어

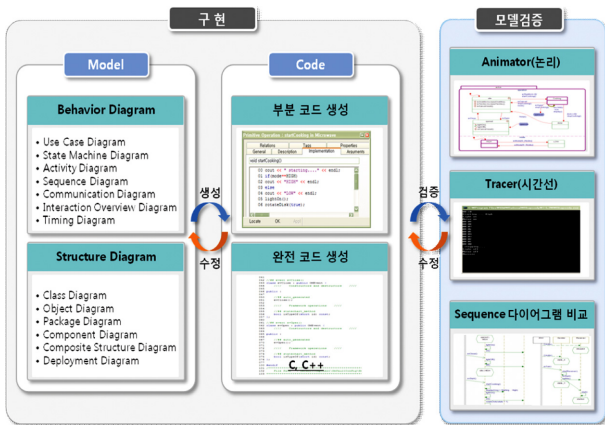


Fig. 5 Software modeling process

자동출력이 가능하며, 각 사양서는 요구사항과 개념 아키텍처, 소프트웨어 모델이 진화(Evolution)함에 따라 지속적으로 변경하게 된다.

Fig. 5는 System Architect(개념 아키텍처설계 도구) 및 Rhapsody(상세 아키텍처설계 도구)를 활용하여 Behavior Diagram(거동 다이어그램) 및 Structure Diagram(구조 다이어그램)으로 나타낼 수 있는 모델들을 표현하였으며, 이 다이어그램들은 부분 코드 및 완전 코드(C, C++, Java)로 Auto code generation됨으로써 모델을 검증하는 과정을 보여주고 있다.

4. 결 론

본 논문은 경량전철사업에 적용할 시스템엔지니어링 관리 계획서(SEMP) 템플릿을 개발한 사례이다. 이 문서를 통해서 전반적인 엔지니어링 통합을 계획, 통제, 그리고 수행을 위한 활동을 정의하였다. 경량전철사업과 관련된 시스템엔지니어링 관리계획서를 개발하기 위해서 SEMP 관련 표준과 해외의 주요 기관 및 국내의 SEMP 작성사례 분석을 통해 SEMP의 공통 항목을 도출하고, 경량전철사업에 적용할 수 있도록 조정하였다. 또한 선정된 SEMP의 항목과 내용을 체계적이고 지속적으로 관리될 수 있도록 SE & SW Infra (Systems Engineering & Software Infrastructures) 도구들의 연동을 활용하여 데이터베이스화 하였다. 최종적으로 관리된 내용을 자동 문서화 시킴으로써 모든 결과를 문서로 작

성하는 경우에 있어서 상당히 많은 시간을 줄일 수 있었다. 특히 논문에서는 통합적 사업 관리 측면과 시스템엔지니어링의 적용상의 실효성에 보다 중점을 두고 SEMP의 세부항목을 도출하였다. 향후 과제로 경량전철사업뿐만 아니라, 철도와 관련된 모든 분야에 공통적으로 사용 가능한 SEMP의 개발을 위해 지속적인 연구가 수행되어야 하겠다.

참고문헌

- [1] INCOSE (2006) Systems Engineering Handbook (Ver. 3.0), International Council on Systems Engineering.
- [2] J. Martin (1996) Systems Engineering Guidebook: A Process for Developing Systems and Products, CRC Press, USA.
- [3] DoD (1994) MIL-STD-499B, Systems Engineering, Draft Military Standard. 5.ACTIVITIES", INCOSE-TP-2003-002-03.2 (2010) pp. 14-15.
- [4] ANSI/EIA-632 (1998) Processes for Engineering a System.
- [5] J. Martin (1999) Systems Engineering Guidebook-A process for development Systems and Products, CRC Press, pp. 80-83.
- [6] Y.C. Choi, S.Y. Han (2011) A study on the practical Systems Engineering Management Plan for the LRT Project, *Spring Conference of the Korean Society for Railway*.
- [7] DI-MGMT-81024 (1990) Systems Engineering Management Plan.
- [8] Y.C. Choi, S.Y. Han (2011) A study on the management system of data and documents for the LRT Project using the systems engineering approach, *Spring Conference of the Korean Society for Railway*.

접수일(2012년 7월 17일), 수정일(2012년 8월 15일),
게재확정일(2012년 9월 17일)

Bo Suk Byun : bsbyun@ lsis.biz

Department of Management of Technology, Sungkyunkwan University,
2066, Seobu-ro, Jangan-Gu, Suwon-si, Gyeonggi-Do, Korea

Yo Chul Choi : ycchoia@ lsis.biz

Railway Technology & Research Team, LSIS, LS Tower, 127, LS-ro,
Dongan-gu, Anyang-si, Gyeonggi-Do, 431-848, Korea

Young Taek Park : ytpark@skku.edu

Department of Management of Technology, Sungkyunkwan University,
2066, Seobu-ro, Jangan-Gu, Suwon-si, Gyeonggi-Do, Korea